

ANALISIS PERENCANAAN JARINGAN LONG TERM EVOLUTION (LTE) DI KOTA BANDUNG MENGGUNAKAN METODE OPTIMAL FRACTIONAL FREQUENCY REUSE (OFFR) SEBAGAI MANAJEMEN INTERFERENSI

ANALYSIS OF LONG TERM EVOLUTION (LTE) NETWORK PLANNING IN BANDUNG CITY USING OPTIMAL FRACTIONAL FREQUENCY REUSE (OFFR) AS THE INTERFERENCE MANAGEMENT

Rizwan Jufri Nst¹, Rina Pudji Astuti², Afief Dias Pambudi³

¹Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

^{2,3}Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹rizwanjufriinst@gmail.com, ²rinapudjiastuti@telkomuniversity.ac.id, ³afiefdiaspambudi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Kepuasan akan kebutuhan informasi yang dapat diakses dimana saja menjadi hal yang sangat penting bagi semua *user* khususnya bagi *user* yang berada di daerah tepi dari suatu *base station*, sering sekali mendapatkan sinyal yang sangat lemah. Lemahnya sinyal bisa terjadi akibat interferensi dari banyak sinyal. Oleh karena itu pada tugas akhir ini dilakukan perencanaan jaringan LTE yang dapat meningkatkan performansi khususnya bagi *user* yang berada di tepi sel. Perencanaan didasarkan pada dua hal, yaitu dari kapasitas bisa didapatkan jumlah sel yang akan digunakan dan pada cakupan bisa didapatkan alokasi daya pancar yang dibutuhkan oleh suatu *base station*. Untuk mengurangi interferensinya akan digunakan teknik pengalokasian frekuensi yaitu skema frekuensi *reuse* yang menerapkan metode *Optimal Fractional Frequency Reuse*. Simulasi perencanaan dilakukan dengan menggunakan *software* Atoll. Dari perencanaan melalui perhitungan didapatkan hasil estimasi kebutuhan *throughput* perencanaan sampai tahun 2021 untuk wilayah kota Bandung sebesar 23.189,681Mbps dengan jumlah *user* yang dapat dilayani sebanyak 632.388 *user*. Radius sel di tiap-tiap klasifikasi daerahnya sebesar 0.4km (Dense urban), 0.58km(Urban) dan 0.95km(Sub urban). Jumlah *site* yang diperlukan untuk meng-cover wilayah kota Bandung hingga 5 tahun kedepan ada sebanyak 245 *site*. Nilai CINR terkecil dengan OFFR hanya ada di 0,03% dari total luas area kota Bandung.

Kata kunci: LTE, perencanaan kapasitas, perencanaan cakupan, interferensi, OFFR

Abstract

The satisfaction of information needs that can be accessed anywhere becomes very important for all users, especially for users who are on the edge area of a base station, often getting very weak signals. Weak signals can occur due to the interference of many signals. Therefore in this final project planning LTE network can improve performance, especially for users who are on the edge of the cell. Planning is based on two things, the capacity can be obtained from the number of cells that will be used and the coverage can be obtained allocation of transmit power required by a base station. To reduce interference frequencies should be used techniques that frequency reuse schemes which apply the method *Optimal Fractional Frequency Reuse*. Simulations performed using *software* planning Atoll. From planning through the calculation, estimated throughput requirements planning until 2021 for the area of Bandung at 23.189,681Mbps with the number of users that can be served as many as 632 388 users. Radius cells in each classification region for 0.4km (Dense urban), 0.58km (Urban) and 0.95km (Sub urban). The number of sites required to cover areas of the city of Bandung to the next 5 years there were 245 sites. The smallest CINR value with tix only in 0.03% of the total area of Bandung.

Keywords : LTE, capacity planning, coverage planning, interference, OFFR

1. Pendahuluan

Pertumbuhan teknologi telekomunikasi sekarang ini semakin pesat, hal ini ditandai dengan semakin banyaknya layanan aplikasi yang ada pada perangkat telekomunikasi. Layanan tersebut membutuhkan *bandwidth* yang lebar dan koneksi dengan kecepatan tinggi. Dengan adanya LTE sebagai kandidat utama teknologi BWA (*Broadband Wireless Access*) pada jaringan seluler 4G, dirasa bisa memenuhi kebutuhan komunikasi *user* yang memerlukan kapasitas besar, kecepatan laju data dan mobilitas yang tinggi. Akan tetapi, sering sekali kualitas sinyal yang didapatkan oleh *user* khususnya pada *user* yang posisinya sedang berada di daerah tepi sel dari sebuah

base station menjadi sangat lemah. Sinyal yang lemah tersebut berdampak pada penurunan performansi layanan pada user. Agar operator bisa memenuhi semua kebutuhan user yang posisinya berada dimana saja, maka diperlukan perencanaan jaringan yang dapat mengurangi terjadinya interferensi sehingga nantinya semua user bisa terjangkau dan dapat dilayani dengan baik.

Oleh karena itu pada tugas akhir ini dilakukan pengujian perencanaan jaringan LTE dengan menggunakan teknik pengalokasian frekuensi yaitu skema frekuensi reuse yang menerapkan metode *optimal fractional frequency reuse*. Skema ini bertujuan untuk mengatur pengalokasian frekuensi yang dapat memperkecil kemungkinan penggunaan frekuensi yang sama pada user sehingga nantinya dapat memaksimalkan cakupan area sekaligus dapat meningkatkan kapasitas pada area tersebut. Penulis tertarik untuk menerapkan perencanaan jaringan tersebut di kota Bandung karena Bandung merupakan kota terbesar ketiga di Indonesia setelah Jakarta dan Surabaya menurut jumlah penduduk. Kota Bandung juga merupakan kota metropolitan terbesar ketiga sehingga diperlukan sekali jaringan LTE yang bisa menjangkau seluruh area kota Bandung dengan kapasitas tinggi agar nantinya jaringan LTE tersebut dapat bekerja optimal dan dapat memenuhi semua kebutuhan user.

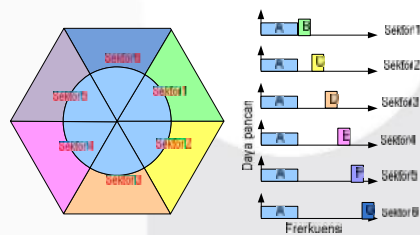
2. Dasar Teori

2.1 LTE ^{[1] [6]}

LTE adalah sebuah standar komunikasi akses data nirkabel tingkat tinggi yang berbasis pada jaringan GSM/EDGE dan UMTS/HSPA yang diperkenalkan pertama kali oleh 3GPP (*third generation partnership project*) release 8. LTE menyediakan *all-IP* pada arsitektur jaringannya yang mana terletak perbedaan fungsi pada perangkat dari generasi sebelumnya. Dari sisi *interface*, LTE menggunakan OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) pada sisi *downlink* dan SC-FDMA (*Single Carrier-Frequency Division Multiple Access*) pada sisi *uplink*-nya. Teknologi LTE secara teoritis menawarkan kecepatan *downlink up to 100 Mbps* dan *Uplink up to 50 Mbps*. *Bandwidth* operasi fleksibel yaitu *up to 20 Mhz*. LTE mendukung pemakaian *Adaptive Modulation and Coding* (AMC) ntuk meningkatkan performansi user dalam arah *uplink* dan *downlink*. Modulasi yang dapat digunakan yaitu QPSK (2 bit per simbol), 16QAM (4 bit per simbol), 64QAM (6 bit per simbol). Pada OFDM ada istilah *resource Block* (RB). *Resource Block* adalah suatu blok transmisi pada OFDM yang disusun dari domain waktu dan frekuensi. Banyaknya jumlah *resource block* tergantung pada *bandwidth* yang digunakan. Semakin besar *bandwidth*, semakin besar pula *resource block* yang tersedia. Dengan begitu, semakin besar sistem memiliki *resource block*, maka semakin besar pula maksimal *throughput* yang dihasilkan.

2.1 Optimal Fractional Frequency Reuse

Optimal Fractional frequency reuse merupakan pengembangan dari *Fractional frequency reuse-3*. Pada penelitian [4] didapatkan bahwa FFR-3 bisa di optimalisasi dengan cara mengatur penggunaan FRF di area tepi sel, mengatur radius dari area pusat sel dan pengalokasian frekuensi yang tepat. Untuk itu, pada OFFR bagian tepi selnya dibagi menjadi 6 sub-area, orde 6 yang masing-masing sub area terdiri *sub-band* frekuensi yang berbeda-beda agar mendapatkan *throughput* yang maksimal.



Gambar 1 Skema OFFR

Pada skema OFFR diatas, total spektrum frekuensi sel di bagi menjadi 3 bagian. Sepertiga dari total spektrum frekuensi dialokasikan ke area pusat sel sementara sisanya duapertiga dialokasikan ke area tepi sel dan pengalokasiannya dibagi ke dalam 6 sub-area atau sektor yang masing-masing memakai *sub-band* frekuensi yang berbeda-beda di tiap tepi sel dari sektor tersebut. Dengan memperkecil sub-area dari sel maka user akan menjadi semakin banyak mendapat pilihan *sub-band* frekuensi yang dapat digunakan di tiap-tiap sektornya sehingga dapat mengurangi interferensi.

2.3. Perencanaan jaringan seluler

Perencanaan jaringan seluler dilakukan berdasarkan kapasitas dan cakupan. Dari sisi kapasitas perencanaan dilakukan dengan mengamati parameter input yang di terima user seperti daya rata-rata, SINR dan lain-lain. Dari sisi cakupan perencanaan dilakukan dengan melibatkan spesifikasi alat dan parameter input jaringan secara teknik, diantaranya dengan mempertimbangkan daya pancar, daya terima, *pathloss*, sensitivitas perangkat dan lain-lain.

2.3.1. Perencanaan berdasarkan kapasitas (Capacity Planning)

A. Forecasting

Prediksi jumlah user dapat dihitung dengan menggunakan metode geometrik. Dengan menganggap laju pertumbuhan user sama dengan laju pertumbuhan penduduk, maka dengan metode geometrik dapat diasumsikan bahwa jumlah user pada masa depan akan bertambah secara geometrik menggunakan dasar perhitungan majemuk dengan laju yang dianggap sama setiap tahun.

$$P_t = P_o(1+r)^t \tag{1}$$

B. Throughput demand

Langkah pertama untuk menghitung throughput demand yaitu dengan melakukan perhitungan throughput per session-nya. Untuk mendapatkan nilai throughput minimal yang harus disediakan oleh jaringan agar kualitasnya tetap terjaga maka dilakukan perhitungan dengan formula sebagai berikut:

$$\frac{\text{Throughput}}{\text{session}} = BR \times \text{sessiontime} \times \text{sessiondutyratio} \times \left[\frac{1}{(1 - BLER)} \right] \tag{2}$$

Langkah kedua untuk menghitung throughput demand dilakukan dengan cara menghitung total throughput dari seluruh user dengan mempertimbangkan berbagai parameter input seperti service model, traffic model dan peak to peak average ratio.

Tabel 1 Service model

Traffic Parameter	Uplink				Downlink			
	Bearer Rate (Kbps)	Session time (s)	Session Dury Ratio	BLER	Bearer Rate (Kbps)	Session time (s)	Session Dury Ratio	BLER
VoIP	26.9	80	0.4	1%	26.9	80	0.4	1%
Video Phone	62.53	70	1	1%	62.53	70	1	1%
Video Conference	62.53	1800	1	1%	62.53	70	1	1%
Real Time Gaming	31.26	1800	0.2	1%	125.06	1800	0.4	1%
Streaming Media	31.26	3600	0.05	1%	250.11	3600	0.95	1%
Signaling	15.63	7	0.2	1%	15.63	7	0.2	1%
Browsing	62.53	1800	0.05	1%	250.11	1800	0.05	1%
FTP	140.69	600	1	1%	750.34	600	1	1%
Email	140.69	50	1	1%	750.34	15	1	1%
P2P sharing	250.11	1200	1	1%	750.34	1200	1	1%

Tabel 2 Traffic model

User Behavior	Dense Urban		Urban		Sub Urban	
	Ratio	BHSA	Ratio	BHSA	Penetration Ratio	BHSA
VoIP	100%	1.4	100%	1.5	30%	1
Video Phone	20%	0.2	20%	0.18	20%	0.1
Video Conference	20%	0.2	15%	0.15	15%	0.1
Real time Gaming	30%	0.2	20%	0.2	20%	0.1
Streaming Media	15%	0.2	15%	0.15	15%	0.1
Signaling	40%	3	30%	4	30%	3
Browsing	100%	0.8	100%	0.8	100%	0.5
FTP	20%	0.5	20%	0.2	20%	0.2
Email	10%	0.4	10%	0.5	10%	0.2
P2P sharing	20%	0.2	20%	0.5	20%	0.2

Setelah parameter input yang telah dijabarkan diatas maka dapat dihitung nilai dari single user throughput minimal yang diterima user agar layanan bisa bekerja, dirumuskan dengan:

$$SUT = \frac{\sum \left(\frac{\text{throughput}}{\text{session}} \right) \times BHSA \times PR \times (1 + \text{peakaverageratio})}{3600} \tag{3}$$

Selanjutnya dengan menghitung total throughput semua user pada sisi uplink dan downlink dalam daerah tersebut. Maka nilai total throughput di formulasikan menjadi:

$$\text{Network throughput} = \text{Total user} \times SUT \tag{4}$$

C. Cell capacity

Kapasitas sel yang diperoleh dari jaringan LTE di dapatkan dari persamaan berikut:

$$\text{Cell capacity}_{UL} + CRC = (168-24) \times \text{Code bits} \times \text{Code Rate} \times Nrb \times C \times 1000 \tag{5}$$

$$\text{Cell capacity}_{DL} + CRC = (168-36-12) \times \text{Code bits} \times \text{Code Rate} \times Nrb \times C \times 1000 \tag{6}$$

Dengan demikian jumlah sel dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Jumlahsel} = \frac{\text{networkthroughput}}{\text{cellcapacity}} \tag{7}$$

2.3.2. Perencanaan berdasarkan cakupan (Coverage Planning)

A. Perhitungan jari-jari sel

Luas cakupan sel didapatkan dari hasil bagi antara luas area perencanaan dengan total jumlah sel yang telah diperoleh dari hasil perhitungan perencanaan berdasarkan kapasitas yang telah di jelaskan sebelumnya. Maka luas cakupan sel di tuang dalam persamaan sebagai berikut:

$$Luascakupansel = \frac{Luasareaperencanaan}{Jumlahsel} (Sel) \quad (8)$$

Dengan pendekatan bentuk sel yang ideal berbentuk segi enam beraturan dan sel sektorisasi 120^0 , maka jari-jari sel dapat diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$Jari - jari = \sqrt{\frac{Luascakupansel}{1,95 \times 2,6}} (Km) \quad (9)$$

B. Model propagasi

Model propagasi yang digunakan adalah model **COST-231 Hatta**. Model *path loss* yang diajukan oleh COST-231 Hatta ini memiliki persamaan:

$$L = 46,3 + 33,9 \log(f) + 3,82 \log(d) + 44,9 - 6,57 \log(h_b) - h_b \log(d) + C \quad (10)$$

C. Perhitungan power link budget

Perhitungan *power link budget* digunakan untuk mengestimasi pelemahan sinyal yang masih diperbolehkan antara antenna *base station* dengan antenna penerima atau biasa disebut dengan *Maximum Allowed Path Loss* (MAPL).

$$1. MAPL_{DL} = P_{eNB\ TX} (dBm) - Gain_{eNB\ TX} (dBi) + Cable Loss (dB) - Receiver Sensitivity (dBm) - Interference Margin (dB) - Feeder Loss (dB) - TMA Insertion Loss - Penetration Loss (dB) - Body Loss (dB) + Gain_{UE\ RX} (dBi) \quad (11)$$

$$2. MAPL_{UL} = P_{UE\ TX} (dBm) + Gain_{UE\ TX} (dBi) + Body Loss (dB) - Receiver Sensitivity (dBm) - Interference Margin (dB) - TMA Insertion Loss - Penetration Loss (dB) - Cable Loss (dB) + Gain_{eNB\ RX} (dBi) - MHA Gain (dBi) \quad (12)$$

3. Perancangan jaringan

3.1 Data inisiasi

Perencanaan Tahap pertama yaitu penentuan dan pengumpulan data. Data yang dikumpulkan adalah mengenai kondisi daerah *existing* kota Bandung dan data mengacu pada kondisi koordinat *existing site* dari operator. Dengan melihat kondisi daerah berdasarkan data yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik Jawa Barat, maka masing-masing daerah kecamatan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Daerah dense urban, Tterdiri dari kecamatan Bandung Kulon, Bojongloa Kaler, Astana Anyar, Kiaracondong, Batununggal, Andir, Cibeunying Kidul dan Sukajadi. Dengan jumlah penduduk total daerah dense urban sebesar 879.356 jiwa.

2. Daerah urban, terdiri dari kecamatan Babakan Ciparay, Bojongloa Kidul, Regol, Lengkong, Buah Batu, Rancasari, Cibiru, Ujungberung, Arcamanik, Antapani, Sumur Bandung, Cicendo, Cibeunying Kaler, Coblong, Sukasari. Dengan jumlah penduduk total daerah urban sebesar 1.239.967 jiwa.

3. Daerah sub urban, terdiri dari kecamatan Bandung Kidul, Gedebage, Panyileukan, Cinambo, Mandalajati, Bandung Wetan dan Cidadap. Dengan jumlah penduduk total daerah sub urban sebesar 305.634 jiwa.

3.2 Estimasi Jumlah Pelanggan

Berdasarkan penelitian, diasumsikan bahwa penetrasi pelanggan 3G sebesar 70% jumlah penduduk Bandung. Untuk pelanggan yang memakai provider INDOSAT diasumsikan sebesar 30%. Kemudian jumlah pelanggan di asumsikan sebesar 70% dari pelanggan 3G INDOSAT. Hasil perhitungan untuk menentukan jumlah user LTE di kota Bandung adalah sebagai berikut

Tabel 3 Estimasi umlah user

Klasifikasi daerah	3G penetrasi kota Bandung	3G penetrasi INDOSAT	LTE penetrasi	Jumlah penduduk	Jumlah user LTE (user)
Dense urban	0.7	0.3	0.7	879356	129266
Urban	0.7	0.3	0.7	1239967	182276
Sub urban	0.7	0.3	0.7	305634	44929
Total				2424957	356471

Tabel 4 Estimasi jumlah user 2016-2021

Klasifikasi daerah	2017	2018	2019	2020	2021
Dense urban	182331	193088	204481	216545	229321
Urban	257102	272271	288335	305347	323362
Sub urban	63373	67112	71071	75265	79705
Total	302805	332471	363887	397156	432388

3.3 Single user throughput dan network throughput

Tabel 5 Single user throughput

Traffic parameter	Dense Urban		Urban		Sub Urban	
	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
VoIP	1704.21	1704.21	1356.41	878.21	478.22	478.22
Video Phone	247.59	247.5935	169.78	169.78	97.27	97.27
Video Conference	6366.69	247.5935	3069.65	119.38	1875.90	72.95
Real time Gaming	954.85	7640.029	545.63	4365.73	250.08	2000.96
Streaming Media	238.71	36288.69	153.46	23328.44	93.78	14256.27
Signaling	61.89	61.8848	31.83	31.83	21.88	21.88
Browsing	4775.02	19099.31	2728.58	10913.89	1875.90	7503.30
FTP	7162.40	38199.13	4092.80	21828.07	3751.73	20009.07
Email	397.91	636.6521	255.80	409.28	156.32	250.11
P2P sharing	16977.16	50932.17	21827.78	65484.22	13339.20	40018.13
SLT (Kbps)	10.80179	43.07148	9.508812	35.36912	6.084525	23.53005

Tabel 6 Network Throughput

Klasifikasi daerah	Total user (tahun 2021)	Network throughput (Kbps)	
		Uplink	Downlink
Dense Urban	229321	2477077.004	9877190.546
Urban	323362	3074788.570	11437028.233
Sub urban	79705	485764.086	1875462.372

3.4 Jumlah sel

Dari perhitungan didapatkan bahwa jumlah sel sebanyak 734 sel dengan total jumlah *site* sebanyak 245 *site*.

3.5 Perhitungan Jari-jari sel

Tabel 7 Jari jari sel

Klasifikasi daerah	Luas area (km ²)	Jumlah sel	Luas cakupan sel	Jari-jari sel (km)
Dense urban	36.79	312	0.117916667	0.40
Urban	89.93	362	0.248423414	0.58
Sub urban	40.59	60	0.6765	0.93

3.6 Perhitungan propagation loss

$$L_{Denseurban} = 46,3 + 33,9 \log 1800 - 13,82 \log 30 - 0,547 + (44,9 - 6,55 \log 30) \log 0,40 + 3$$

$$L_{Denseurban} = 46,3 + 110,354 - 20,414 - 0,547 - 14,017 + 3$$

$$L_{Denseurban} = 124,676dB$$

$$L_{urban} = 46,3 + 33,9 \log 1800 - 13,82 \log 30 - 0,547 + (44,9 - 6,55 \log 30) \log 0,58 + 0$$

$$L_{urban} = 46,3 + 110,354 - 20,414 - 0,547 - 8,333 + 0$$

$$L_{urban} = 127,36dB$$

$$L_{suburban} = 46,3 + 33,9 \log 1800 - 13,82 \log 30 - 0,698 + (44,9 - 6,55 \log 30) \log 0,95 + 0$$

$$L_{suburban} = 46,3 + 110,354 - 20,414 - 0,698 - 0,785 + 0$$

$$L_{suburban} = 134,757dB$$

3.7 Alokasi daya pancar

Untuk perhitungan daya pancar eNodeB, data yang dipakai adalah data perhitungan MAPL dalam arah *downlink*. Karena hanya pada saat eNodeB menjadi *transmitter*, bisa diketahui berapa nilai daya pancarnya.

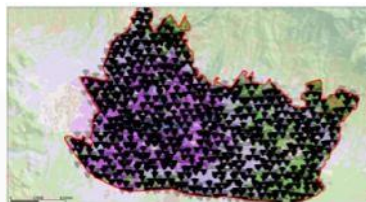
Tabel 8 MAPL *downlink*

Parameter	Satuan	Dense urban	Urban	Sub urban	
Transmitter- eNodeB					
eNodeB Tx Power	dSm	X	Y	Z	a
eNodeB Tx Gain	dBi	18	18	18	b
Cable Loss	dB	2	2	2	c
Receiver - UE					
UE Rx Noise Figure	dB	7	7	7	d
Thermal Noise	dSm	102.215	102.215	102.215	$e=k(\text{boltzman}) \cdot T(290) \cdot B(15M\text{Hz})$
Receiver noise floor	dSm	-95.215	-95.215	-95.215	$f=d+r$
SNR	dB	-10	-10	-10	g
Receiver Sensitivity	dB	105.215	105.215	105.215	$h=f-g$
Interference Margin	dBi	3	3	3	i
Feeder Loss	dB	2	2	2	j
TMA insertion loss	dB	0.5	0.5	0.5	k
Penetration Loss	dB	18	14	11	l
Body Loss	dB	0	0	0	m
UE Rx Gain	dSm	0	0	0	n
MAPL	dB	124.676	127.36	134.757	$o=a+b+c-h-i-j-k-l-m+n$

Dari perhitungan diperoleh daya pancar sebesar: 20.961 dBm untuk dense urban, 21.645 dBm untuk urban, 29.042 dBm untuk suburban

4. Analisis dan simulasi

4.1 Penempatan site

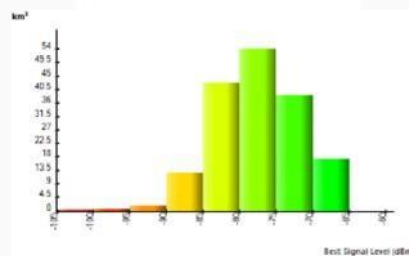


Gambar 1 penempatan site

Karena pada simulasi menggunakan data pada *map*, maka penempatan *site* lebih berdasarkan data *map* namun tetap disesuaikan dengan data hasil perhitungan.

4.2 Skenario OFFR

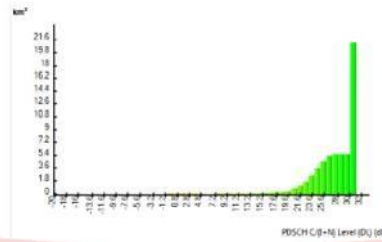
4.2.1 Coverage by signal level



Gambar 2 histogram coverage by signal level OFFR

Dari histogram pada gambar 4.9 dapat dilihat total *signal level* di tiap luas area wilayahnya. Hasil perhitungan statistik menunjukkan kuat level sinyal yang diterima user rata-rata sebesar -60,27 dBm dengan standar deviasi -37,73. Untuk *range* level sinyal antara -80 sampai -75 merupakan level sinyal yang terbanyak dipakai oleh *user* di area kota Bandung sebesar 32,13% dari total area.

4.2.2 Coverage by CINR level



Gambar 3 Histogram coverage by CINR OFFR

Dari hasil perhitungan statistik didapatkan hasil CINR level rata-rata sebesar 28,54 dB dengan standar deviasi 4,63. Untuk CINR yang berada di-range -1 sampai 0 jumlahnya 0.01% dari total seluruh area dan merupakan range nilai terkecil yang dihasilkan dari simulasi.

4.2.3 Traffic and Qos simulation

Dari hasil simulasi, 596.758 user yang disimulasikan terdapat 596.754 user (100%) yang terhubung ke jaringan dan mendapatkan layanan, sedangkan sisanya 4 user (0%) yang tidak dapat dilayani.

5. Kesimpulan

Kesimpulan Berdasarkan penjelasan yang telah dipaparkan pada bab-bab sebelumnya, dapat di tarik kesimpulan mengenai perencanaan jaringan *Long Term Evolution* dengan menggunakan metode *Optimal Fractional Frequency Reuse* di wilayah Kota Bandung, yaitu:

1. Estimasi kebutuhan throughput perencanaan sampai tahun 2021 untuk wilayah kota Bandung sebesar 23.189,681Mbps dengan jumlah user yang dapat dilayani sebanyak 632.388 user.
2. Dengan mempertimbangkan tingkat pertumbuhan user, jumlah site yang diperlukan untuk mengcover wilayah kota Bandung hingga 5 tahun kedepan ada sebanyak 245 site.
3. Semakin kecil daya pancar maka semakin kecil pula daerah yang bisa di jangkau oleh suatu site.
4. Penggunaan metode OFFR, dapat meningkatkan CINR sebesar 21,74 dB jika dibandingkan dengan skema frekuensi reuse non-FFR.
5. Perencanaan jaringan LTE dengan teknik manajemen interferensi OFFR menghasilkan nilai performansi yang baik dilihat dari nilai CINR untuk seluruh wilayah kota Bandung, dimana nilai CINR terkecil sebesar 0,05% dari total luas area kota Bandung.
6. Pada skema non-FFR persentase user disconnected sebesar 31,7%, sedangkan pada skema OFFR persentase user disconnected sebesar 0%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perencanaan jaringan dengan metode OFFR lebih unggul dari skema non-FFR.

Daftar Pustaka

- [1] CK Toh, P. "4G LTE Technologies: System Concept".
- [2] Ericson.(2007). "Long Term Evolution (LTE): Intoduction".
- [3] Huawei Technologies Co., Ltd, (2013). "LTE Radio Network Capacity Dimensioning".
- [4] Nazmus Saquib, Ekram Hossain, and Dong In Kim. (2013). "Fractional Frequency Reuse for Interference Management in LTE-Advanced HetNets". s.l.: IEEE Wireless Communications.
- [5] Pratama, Wisnu Hendra (2014). "Analisis Perencanaan Jaringan Long Term Evolution (LTE) Menggunakan Metode Frekuensi Reuse 1, Fractional Frequency Reuse Dan Soft Frequency Reuse Studi Kasus Kota Bandung". Bandung: Tugas Akhir Universitas Telkom.
- [6] Uke Kurniawan Usman, Galuh Prihatmoko, Denny Kusuma H, Sigit Dedi Purwanto,(2011). "Fundamental Teknologi Seluler LTE". Penerbit: Rekayasa sains, Bandung.